CAICT 中国信通院

物 联 网 白 皮 书

（2020 年）

中国信息通信研究院

2020年12月

致 谢

本白皮书编制过程中受到物联网智库大力支持，特此感谢！

白皮书编制团队：陈敏、关欣、马宝罗、罗佳琦、唐雷、余思聪、王哲、吴冲、李璐、夏立强



前　言

本次是中国信息通信研究院第六次发布物联网白皮书，物联网已历经超过十年的发展时期，尤其是近几年，物联网的发展动能不断丰富，市场潜力获得产业界普遍认可，发展速度不断加快，技术和应用创新层出不穷，物联网高速发展已成必然之势。随着物联网被明确定位为我国新型基础设施的重要组成部分，成为支撑数字经济发展的关键基础设施，其面临的碎片化、安全风险、成本高必将成为未来规模化发展的关键难题。本白皮书从用户侧和供给侧出发，分析物联网三大核心问题的需求，总结问题涉及关键环节的发展现状及问题，给出针对性策略建议，希望能够与业内同仁共享成果，共谋发展，共话未来！

目 录

图 目 录

表 目 录



一、 物联网发展最新态势

（一）物联网全球连接数持续上升，产业物联网将后来居上

全球物联网仍保持高速增长。物联网领域仍具备巨大的发展空间，根据 GSMA 发布的《The mobile economy 2020（2020 年移动经济)》报告显示，2019 年全球物联网总连接数达到 120 亿，预计到 2025 年，全球物联网总连接数规模将达到 246 亿，年复合增长率高达 13%。2019 年全球物联网的收入为 3430 亿美元（约人民币 2.4 万亿元），预计到 2025 年将增长到 1.1 万亿美元（约人民币 7.7 万亿元），年复合增长率高达 21.4%。我国物联网连接数全球占比高达 30%，2019 年我国的物联网连接数 36.3 亿，其中移动物联网连接数占比较大，已从 2018 年的 6.71 亿增长到 2019 年底的 10.3 亿[1]。到 2025 年，预计我国物联网连接数将达到 80.1 亿，年复合增长率 14.1%。截止 2020 年，我国物联网产业规模突破 1.7 万亿元，十三五期间物联网总体产业规模保持 20%的年均增长率[2]。

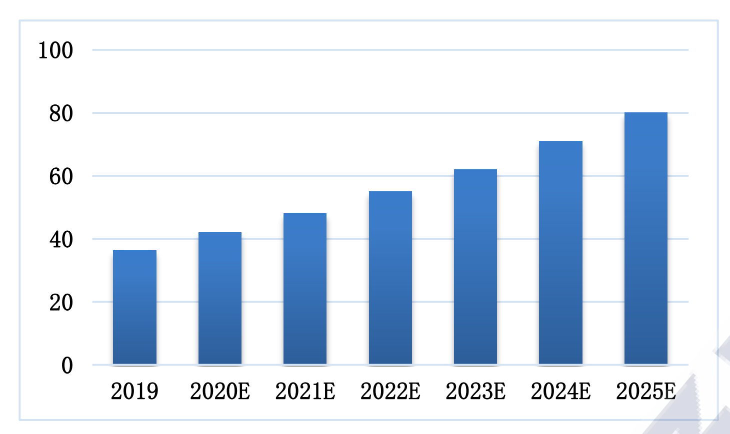
表 1 主流咨询公司物联网连接数预测

	2019年连接数	2025年连接数
爱立信	107亿	246亿
GSMA	120亿	246亿
IoT Analytics	83亿	215亿
Machina Research	107亿	251亿

数据来源：爱立信、GSMA、IoT Analytics、Machina Research

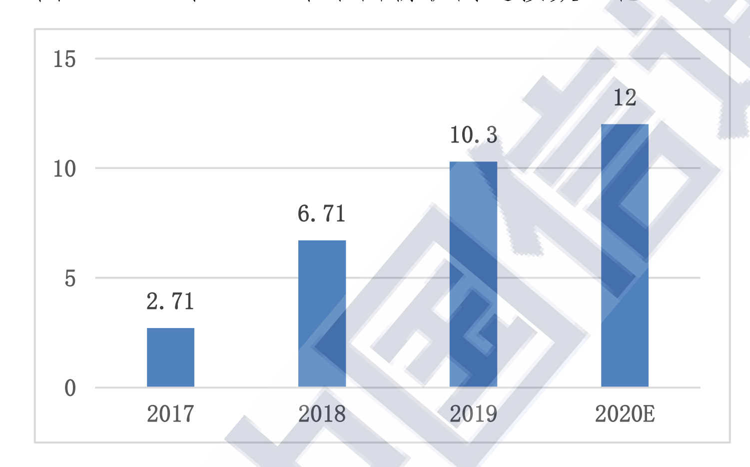
[1] 数据来源：工信部《《2019 年通信业统计公报》》

[2] 数据来源：中国信息通信研究院《物联网十三五评估报告》



数据来源：GSMA

图 1 2019 年-2025 年中国物联网连接数（亿）

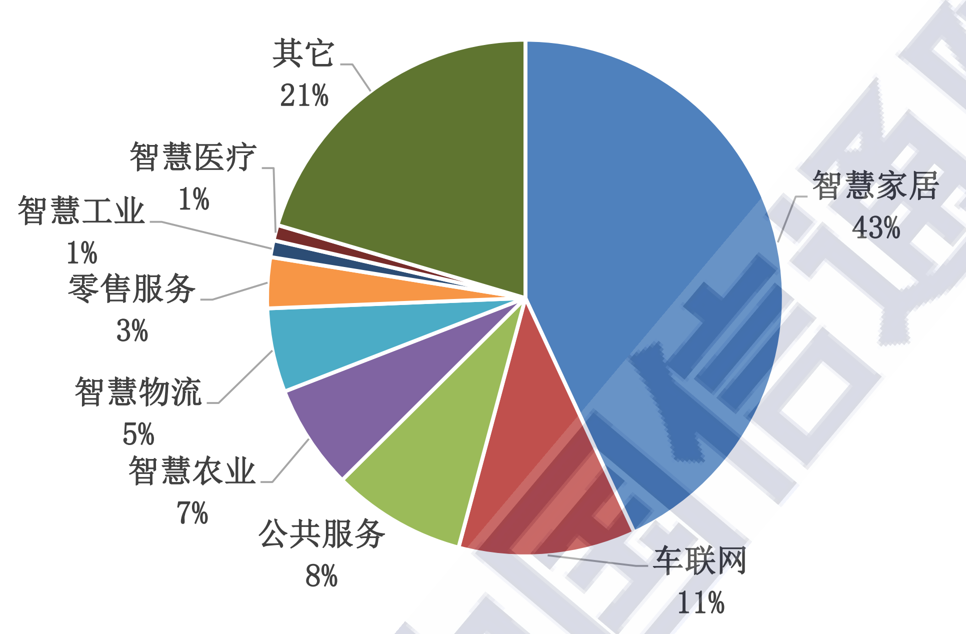


数据来源：工业和信息化部

图 2 国内移动物联网连接数

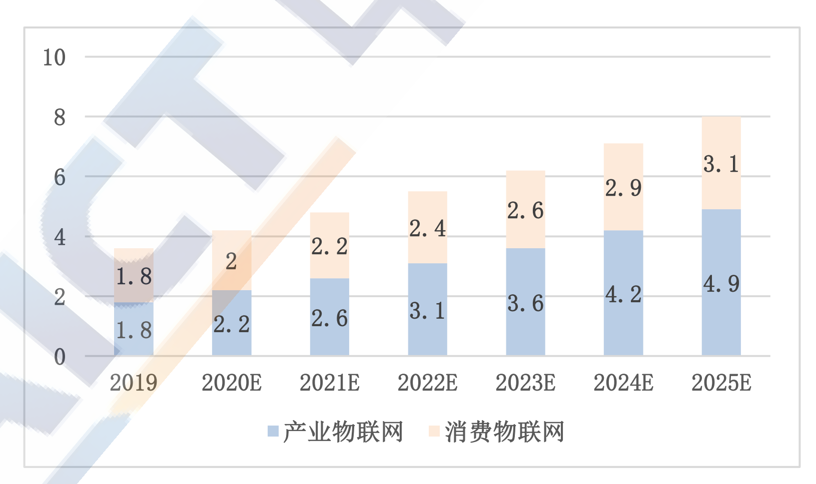
物联网连接数结构将发生改变。消费物联网因受众群体基数大、用户需求相对单一、支撑技术较为成熟、产品种类多样等特点取得先发优势，面向消费者或以消费者为最终用户的物联网应用如智能锁、智能音箱、可穿戴等智能家居产品占据当前大部分连接数。然而，随着物联网加速向各行业渗透，行业的信息化和联网水平不断提升，产业物联网连接数占比将提速，据 GSMA Intelligence 预测，产业物联网设备的联网数将在 2024 年超过消费物联网的设备数。2019 年中国物联网连接数中产业物联网和消费者市场各占一半，预计到 2025 年，物联网连接数的大部分增长来自产业市场，产业物联

网的连接数将占到总体的61.2%。根据不同咨询公司预测数据统计，智慧工业、智慧交通、智慧健康、智慧能源等领域将最有可能成为产业物联网连接数增长最快的领域。



数据来源：中国信息通信研究院

图 3 2020 年我国物联网卡行业占比（截止 2020 年 8 月底）



数据来源：GSMA

图 4 国内产业/消费物联网连接数预测(十亿)

物联网的持续快速增长和占比变化受内部支撑能力和外部环境的双重影响。

从外部环境来说，一是**全球新冠疫情加速物联网应用。**新冠疫情期间远程诊疗、智慧零售、公共场所热成像体温检测、智慧社区和家庭检测、疫情期间的交通管制、物流供应链、应急灾备、信息溯源等场景大量运用物联网技术，虽然目前全国疫情防控阻击战取得重大成果，但境外疫情暴发增长态势仍在持续。在疫情防控常态化条件下加快恢复生产生活秩序，统筹推进疫情防控和经济社会发展工作，有效应对外部环境变化，更需要物联网技术和应用深入地在民生、经济方面发挥作用。二是 2020 年国家发改委官方明确新基建范围，物联网成为新基建的重要组成部分，物联网从战略新兴产业定位下沉为新型基础设施，成为数字经济发展的基础，重要性进一步提高。国家各部委高度重视物联网新基建发展，工业和信息化部发布《关于深入推进移动物联网全面发展的通知》，各地方政府制定顶层设计，**将新基建纳入新阶段发展重点，物联网投资持续加大。**三是全球经济进入经济衰退期，我国外部环境复杂，急需形成强大的内需动力，**物联网成为加快经济结构调整步伐，提高经济发展的质量和效益，促进新业态新模式发展，增加高端供给、提振民生消费，促进内需释放的重要手段。**

从内部支撑能力来说，一是 5G R16 标准冻结，从技术层面支持物联网全场景网络覆盖。同时**物联网网络基础设施建设加速，**5G、LTE Cat1 等蜂窝物联网网络部署重点推进，成为物联网应用规模化的加速剂，网络新基建稳步推进传统基础设施的“数字+”、“智能+”升级。二是**行业需求倒逼物联网支撑技术加快商用化进程。**随着物

联网的行业渗透加速，工业、医疗、交通等行业应用对物联网支撑能力提出新的要求，边缘智能、算力网络、意图网络、人工智能等与物联网的结合需求急迫。

（二）物联网长期发展呈现三大态势

产业融合促进物联网形成“链式效应”。产业物联网的进一步发展对产品设计、生产、流通等各环节的互通提出新的需求，而“物联网+区块链”（BIoT）为企业内和关联企业间的环节打通提供了重要方式。链式效应主要体现在两个方面：一是基于 BIoT 完成产品某一环节的链式信息互通，如产品出厂后物流状态的全程可信追踪。二是基于 BIoT 的更大范围的不同企业间价值链共享，如多个企业协同完成复杂产品的大规模出厂，其中涉及产品不同部件协同生产，包括设计、供应、制造、物流等更多环节互通。

智能化促进物联网部分环节价值凸显。一是端侧，随着物联网应用的行业渗透面不断加大，数据实时分析、处理、决策和自治等边缘智能化需求增加。据 IDC 相关数据显示，未来超过 50%的数据需要在网络边缘侧分析、处理和存储。边缘智能的重要性获得普遍重视，产业界正在积极探索边侧智能化能力提升和云边协同发展。二是业务侧，据 GSMA 最新预测显示，到 2025 年，物联网上层的平台、应用和服务带来的收入占比将高达物联网收入的 67%，成为价值增速最快的环节，而物联网连接收入占比仅 5%，因此物联网联网数量的指数级增加，以服务为核心、以业务为导向的新型智能化

业务应用将获得更多发展。

互动化促进物联网向“可定义基础设施”迈进，与上层应用形成闭环迭代。“可定义物联网基础设施”是指用户可基于自身需求定制物联网软硬件基础设施的支撑能力。可定义基础设施包括面向不同行业需求的基础设施资源池，提供应用开发管理、网络资源调度、硬件设置等覆盖全面的共性支撑能力。现阶段，运营商等企业已经开始探索以业务需求为导向的网络基础设施自动配置能力，如意图网络、算力网络等。可定义基础设施有助于降低物联网应用开发复杂性，推动物联网规模化应用拓展，而物联网规模应用拓展则反向促进可定义基础设施持续升级、能力完备及整合，形成闭环迭代，实现能力的螺旋式上升。

（三）面向不同应用场景的基础设施不断进行整合探索

物联网基础设施整合探索进入新阶段。从 2015 年起，产业界对物联网基础设施的整合探索就从未停止过。期间经历了以智能路由器、智能可穿戴等面向终端开发的智能硬件为代表的第一阶段，以通用物联网平台和操作系统为代表的第二阶段，然而受产业技术成熟度有待提升、行业规模应用偏少、面向不同行业的硬件兼容及规范化较弱等诸多因素影响，前两个阶段的整合探索尚未出现明显效果。随着物联网领域的应用探索和市场教育越来越充分，物联网底层的基础能力整合需求越来越急迫，以物联网网络基础设施为代表的第三阶段已经开启。

物联网网络基础设施整合向空天地一体化演进。网络基础设施的整合并非一蹴而就。2015 年之前物联网网络聚焦传统网络增强及应用，2015 年至 2018 年物联网专有网络突破及局域网改进，为物联网网络融合奠定了基础，自 2018 年起物联网网络基础设施开始向跨技术融合和场景全覆盖迈进。移动网络（蜂窝物联网络、非授权物联网络）、局域网、卫星网络、无人机及热气球等共同组建空天地一体化的全球物联网网络基础设施，为物联网的全球化应用提供随时随地的可靠接入。

蜂窝物联网络协同发展成为网络整合先行者。蜂窝物联网网络是基于蜂窝移动通信技术的物联网网络，因覆盖场景不同，主要涵盖面向大部分低速率应用的窄带物联网（NB-IoT，Narrow Band Internet of Things）网络、面向中速率和语音应用的 LTE Cat1 网络、面向更高速率、更低时延应用的 5G 移动网络。2020 年 5 月，我国工信部印发《关于深入推进移动物联网全面发展的通知》，与 2017 年《关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展的通知》重点布局 NB-IoT 网络不同，新通知明确要求建立 NB-IoT、LTE Cat1、5G 协同发展的蜂窝物联网网络体系，蜂窝物联网的整合期加速到来。

（四）物联网互联互通从企业侧利益互补到用户价值为核心转变

截止目前，物联网互联互通共经历了三个阶段，第一阶段以国际巨头和联盟主导的互通协议为主。主要针对剪不断理还乱的众多

连接协议，如 Zigbee 联盟推出的物联网通用语言 dotdot，蓝牙推出蓝牙 Mesh，试图解决多种设备之间通讯语言不统一和短距离技术多样性问题。国际巨头也纷纷推出互联协议，三星 Thread、苹果 Homekit、高通 AllJoyn、谷歌 Weave 等，试图建立物联网应用框架，兼容多种协议。然而各路巨头自立山头，难分高下，产业接受程度相对较低，发展进程缓慢。

互联互通第二阶段以互联生态下的跨品类互联为主。随着国内各路巨头入局物联网并推出物联网发展策略，物联网供给侧产业力量加强，电信运营商、设备商、互联网解决方案提供商、垂直行业巨头等纷纷发力自有连接协议或连接平台，整合各自生态圈内不同类型终端统一接入，如中国移动 And-Link、中国电信 elink、联通 Wolink、华为 Hilink、小米 MIOT、海尔 U+等，由于推进对象为企业自身生态体系下的跨品类整合，基于市场利益驱动可以迅速达到互利共赢，因此相对较易操作，短时间内形成众多互联“小生态”。

互联互通第三阶段以用户价值为竞争主体。当前阶段正处于第二阶段向第三阶段的过渡期，用户价值成为互联互通的核心，全屋智能、用户主动服务推送等围绕用户需求的互联互通模式开始出现，甚至疫情期间出现了围绕用户需求的封闭生态局部开放，苹果和谷歌进行部分互通合作，利用蓝牙追踪新冠肺炎疫情传播痕迹。

（五）物联网群体智能、开源模型两种生态拓展方式齐头并进

抱团发展、群体智能生态融合出现。针对物联网先天存在的碎片化问题，近年来巨头企业通过组建自有生态探索解决方式，然而受限于自身产品和合作企业的局限，难以建立具有竞争优势的物联网生态。针对这一情况，产业界出现多企业生态抱团、拓展群体智能的发展趋势，其中智能家居应用首当其冲，由于消费者价值需求改变推进智能家居从单一品牌的不同产品间打通向跨品牌、跨行业的全屋智能演进，其中以华为、小米等为代表的终端企业凭借末梢入口、大流量、软硬件一体化等优势不断与其他互联网企业、电信运营商、传统家电厂商等进行生态打通，成为拓展群体智能的典型代表。如华为与京东建立云云对接，使得华为终端产品（手机、路由器、穿戴式设备等）与京东全系列智能硬件互联互通；同时与垂直行业家电厂商、净水行业、照明、家用机器人厂商、房地产企业等合作，联合组建满足用户需求的全屋智能解决方案。

联合开源、开放模型方式增强。据Eclipse基金会的物联网商业采用调查显示，开源在物联网中普遍存在，60%的公司将开源纳入其物联网部署计划。目前产业界有两种推进方式，**一是市场驱动联合开源生态建设**。2019年底，亚马逊、谷歌、苹果等巨头合作成立CHIP（Connected Home Over IP）小组，由Zigbee联盟牵头，以开源的方式开发和制定一套新的智能家居连接标准，允许各种硬件与互联网直接相连，提升兼容性产品开发便捷性，获得亚马逊Alexa、苹果Siri、谷歌Assistant等主流智能助手和平台的支持。**二是“模型”工作已经开展**。随着终端开发便捷性需求和信息互通需求的加剧，

模型研究成为新热点。信息模型将为打破不同设备、软硬件平台、操作系统、网络环境之间的信息孤岛提供解决方案，基于统一的建模架构和标准化的语义字典来实现信息的标准化表达及流动，为异构实体对象的信息交互提供技术支撑。物模型是信息模型的一种，是开放平台对具体型号的终端的数字化抽象，对终端的状态、终端的档案信息、终端的功能服务进行统一描述，基于物模型可实现不同厂家终端在平台的无障碍接入。

目前主流物联网开放平台已经开始支持物模型功能。国际标准化组织 Zigbee Alliance、Bluetooth、OCF、oneM2M、OMA、W3C 等均在打造组织内部的物模型。为尽快打造融合物模型，形成统一模型描述，ODM（One Data Model）联合一众国际巨头企业正在推进相关工作，目前已发布第一版标准。国内标准化方面，中国通信标准化协会正在积极推进信息模型和物模型的标准化工作，国内主要的物模型推进企业，包括信通院、电信、移动、阿里、华为、腾讯等正在联合推进统一物模型和信息模型的标准化，探讨将各企业物模型统一为多方互认的物模型框架，助力构建融合物模型生态。在产业实践方面，中国电信、中国移动、阿里等已构建自身体系的物模型生态及应用，目前主要在智慧人居、智慧城市、智慧园区等展开应用。

（六）物联网安全推进力度加强，部分国家监管从自愿向强制过渡

全球物联网安全的推进力度持续加码。随着物联网规模化应用不断落地，物联网安全事件频出，物联网安全成为应用方决策是否部署物联网应用的关键要素，对物联网进一步规模化拓展产生重大影响。各国政府及物联网产业巨头均高度重视物联网安全。2018 年前，各国物联网安全策略均以自愿性、政策文件等方式推进，2018 年之后主流国家策略发生重大改变，国家对物联网安全监管力度更具强制性。美国通过《物联网网络安全改进法案》，要求政采物联网设备必须遵守安全性建议，对向政府提供物联网设备的承包商和经销商采用漏洞披露政策。日本从 2019 年起在全国开展“面向物联网清洁环境的国家行动”，在不通知设备所有者的情况下强制测试全国物联网终端设备的安全性。英国发布《消费类物联网设备行为安全准则》13 条，推进安全认证，提出物联网产品和服务零售商应仅销售具有安全认证标签的消费型物联网产品，其后又将 13 条中的 3 条纳入立法。

综上所述，全球物联网正处于高速发展的关键期，市场潜力也被产业界广泛认可，从核心技术支撑和关键特征来看，物联网规模化会经历三个发展期。

第一阶段：爆发前期。从 2016 年物联网专有网络出现、巨头纷纷入局物联网，到 2020 年 5G 网络加快部署、巨头拓展物联网生态、行业规模化连接出现显著效果、物联网与新技术融合初显成效，物联网具备了较强的产业能量和市场预期，但受限于成熟的产业探索

需要时间培育，供给侧和需求侧的平衡需要不断磨合、供给侧的互补需要合作共赢等因素，物联网必将长期处于爆发前夜。

爆发前期的关键特征体现为供给侧拉动为主，物联网部署实施的要素（包括相对成熟的案例参考、基本安全保障、可接受的成本等）基本具备，部分行业初步实现规模化和局部互联互通。

第二阶段：爆发期。经过长期产业和市场培育，供给侧与需求侧基本实现平衡，更多的行业边界开始模糊化，横向数据流通范围增大，数据价值在产业收益中的占比明显增大，物联网部署实施要素逐步完善，高价值应用不断开花，物联网基础设施实现局部整合。

第三阶段：全面爆发期。需求侧成为拉动物联网的主力，物联网应用需求与基础设施实现解捆绑，泛在、可定义、统一化基础设施建立，积木式物联网应用搭建模式普及，基础设施与应用实现循环迭代，具备持续升级能力。

当前物联网产业仍处于爆发前期向爆发期的过渡阶段，爆发前期仍将持续数年。物联网规模化加速演进必须解决碎片化、安全、成本三大发展难题。

二、 物联网碎片化整合探索进展及问题

物联网存在先天碎片化问题，据微软《IoT Signals（物联网信号）》研究报告表明，想要更多地利用物联网的公司认为面临的最大障碍是复杂性和技术挑战。物联网赋能不同行业转型升级，应用场景和需求碎片化导致物联网终端异构、网络通信方式多样、平台林立、

不同厂家设备和产品之间的互联互通和互可操作性差。

（一）物联网碎片化需要解决的问题

从用户侧看，端侧需要物联网产品使用更加便捷，终端可即插即用，软件自动升级；物联网产品购置不受限于品牌及终端类型，实现“即用全联动”。网络侧需要“网随人/物动”，网络配置自动适配终端变动和业务需求；所有终端产品可实现稳定、快速、随时随地接入物联网网络。应用服务侧应用效果显著，可解决企业实际生产运营问题，显著提升生产、运行效率或降低成本；用户可通过统一服务入口实现全联通调用和管理。

从供给侧看，产业界正在推进一系列探索，主要包括：1）终端智能化、软硬件解耦合、终端与厂商/服务商松耦合、终端与云端协同化；2）提升网络覆盖及智能化水平，网络技术互补融合，支撑多类型应用场景需求；3）基础数据、软件、模型等资源横向打通；4）深度智能赋能物联网各产业环节，拓展个性化和定制化高价值服务。

（二）eSIM 技术实现终端与运营商解耦

eSIM 技术提供空中写卡远程下载激活并配置，自由切换不同运营商。无差异的 eSIM 卡避免终端厂家采购不同要求的物联网卡，可助力解决供应链碎片化。eSIM 采用全球唯一标识 EID 作为 eSIM ID，可统一“接口”，提供无缝的物联网连接服务。

国际上 eSIM 已实现大规模应用。全球主流运营商、设备商、卡商等企业对 eSIM 技术的研究探索和应用范围不断深入，推出一系列

商用产品，广泛应用在智能汽车、智能水表等多个领域。美国早在 2014 年推出 eSIM 解决方案“Global SIM”，并将其应用于智能汽车领域；2017 年日本软银建立 eSIM 平台，在全球范围内布局，帮助新型物联网产业发展；2016 年欧洲沃达丰与捷德合作推出 eSIM 管理解决方案，重点发展智能汽车业务；2018 年德国捷德与宝马、英特尔、德国电信等共同研发并提出使用 eSIM 为用户提供娱乐和信息服务的管理方案；2020 年俄罗斯借助 ERA GLONASS 强制新车使用 eSIM 的 eCall 系统。

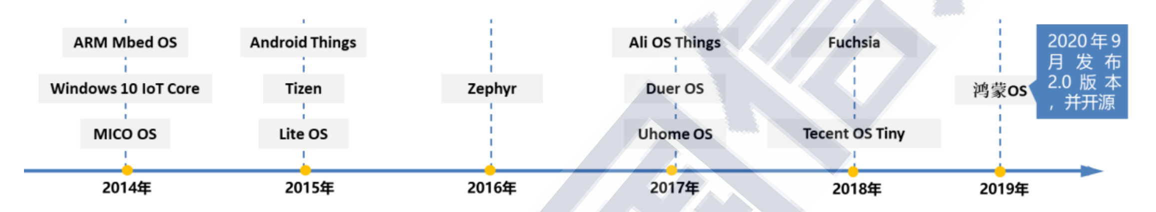
目前国内 eSIM 业务发展仍处于初期阶段，集中于小范围应用。国内 eSIM 仅在可穿戴设备的独立码号和“一号多终端”业务开展商用，其他领域仍处于探索阶段。2019 年中国移动依托物联网公司自主研发出多款私有方案的 eSIM 模组及芯片，计划用于车联网、智慧消防等领域；2018 年中国联通与宝马、大众、沃尔沃等车企开展 eSIM 项目合作和对接，和越来越多的车企完成调试工作；2018 年中国电信推出 eSIM 技术的智能管道模块，作为电信打造物联网整体服务的基础；2019 年工信部批复中国联通开展物联网等领域 eSIM 技术应用服务。

国内 eSIM 业务发展仍面临诸多问题。国内 eSIM 应用实际进展较慢，离规模应用尚有较大差距。一是 eSIM 产业成熟度不高，行业规则未定，产业链各方的角色定位、商业模式博弈问题突出，三家运营商倾向的解决方案及应用场景不一致，业务推进思路和产品设计缺乏引导原则；二是 eSIM 标准化、政策导向不足，目前存在不同

eSIM 技术规范，行业主管部门对 eSIM 推广应用一直持谨慎态度，目前仅开放了智能穿戴领域。

（三）操作系统三条路径同步发展，适配多样化终端需求

物联网操作系统是向下协调控制软硬件资源，向上为开发者和用户提供统一接口的重要环节。由于物联网终端复杂多样且尚未实现硬件标准化，为适配不同应用及功能需求，物联网操作系统产品也十分丰富。目前典型的物联网操作系统如图 5 所示。



数据来源：中国信息通信研究院根据公开数据整理

图 5 典型物联网操作系统

物联网操作系统呈现三条发展路径。物联网发展至今，操作系统出现三种发展路径。一是以谷歌 android wear、苹果 watchOS 和 tvOS 为代表的操作系统，通过对智能手机/PC 操作系统进行剪裁试图适配物联网需求，然而此类操作系统难以保证功耗、可靠性等性能最优化。二是在传统的嵌入式实时操作系统上增加 CoAP、MQTT 等物联网功能，典型代表有 FreeRTOS、RT-thread、Contiki 等，这类操作系统功耗低、可靠性更高，但应用生态体系缺失，需要时间逐步建立和完善。以上两种路径的操作系统为基于已有操作系统的改造，提出时间相对较早，但受物联网应用碎片化严重、物联网应用和服务规模化量级不足、巨头硬件终端占有率低等限制，应用提供商不愿投入更多的开发资源，产品及生态成熟度低，导致用户对物

联网操作系统的需求急迫性不高，产业界布局的积极性不足，目前虽然在智能家居、可穿戴设备、智慧城市等领域获得一定的应用，但整体发展仍较慢。随着海量异构终端接入，物联网操作系统的紧迫性开始提升。近年来出现第三种发展路径，即物联网专用操作系统，支持可伸缩、易扩展、实时性、可靠性等能力，可以更好的适配物联网应用需求。

物联网专用操作系统出现三大发展态势。一是在特定产业物联网领域，企业研发定制化的操作系统，例如多家汽车厂商基于 Linux、Android、QNX 等底层系统开发个性化操作系统。二是在规模化消费物联网领域，企业更好地兼容更多的设备，满足多终端统一 OS 的使用需求，采用微内核和分布式技术开发支持多终端的操作系统，它具有占用内存小、弹性伸缩、易移植和易维护的特点，可实现一次开发，快速适配多种终端，如 Fuchsia OS、鸿蒙 OS 等。Fuchsia OS 为谷歌联合三星、索尼、联发科、小米、华为和 VIVO、OPPO 共同研发，目前已经进入内测阶段。鸿蒙 OS 与 Fuchsia 定位相近，均可在多种形态的硬件设备上运行，可实现模块化耦合，针对不同设备支持弹性部署，现已适配智慧屏，未来还将适配手机、平板、电脑、智能汽车、可穿戴设备等多终端设备，助力消费者享受到强大的跨终端无缝业务协同体验。三是华为、谷歌、阿里等巨头企业战略布局打通“端、边、云”多层次操作系统，提升资源配置和调度效率。如阿里的 AliOS Things、Link Edge、阿里云和谷歌的 Android Things、Fuchsia、谷歌云。

物联网操作系统发展成熟仍需时间。一是消费者的使用习惯，如新型操作系统对已有成熟、主流操作系统应用软件的兼容性问题仍需解决；二是操作系统并非单一产品，而涉及整个生态系统建设，然而新型生态环境建设仍需时间，应用和开发者需要培育，此外还需要与硬件厂商共同构建联盟，争取已有应用商店服务提供商的帮助和支持，以及建立更清晰和互利的商业关系。

（四）以地基网络为核心，建设网随人动的混合型网络基础设施

物联网一体化网络基础设施研究启动。2020 年 2 月，国际电信联盟无线电通信部门（ITU-R，International Telecommunication Union Radiocommunication Sector）正式启动面向 2030 及 6G 的研究工作。6G 的愿景是具备泛在、无线、智能等特点，能够提供无缝覆盖的泛在无线连接和情景感知的智能服务与应用。6G 将会突破地面网络限制，实现地面、卫星、机载网络和海洋通信网络的无缝覆盖，即空天地一体化的通信网络。



数据来源：中国信息通信研究院根据公开数据整理

图 6 空天地一体化通信网络应用前景

2018 年 9 月，美国联邦通信委员会提出 6G 将使用太赫兹频段，

6G 基站容量将可达到 5G 基站的 1000 倍。2019 年 4 月韩国通信与信息科学研究院正式宣布开始开展 6G 研究并组建了 6G 研究小组。日本则计划通过官民合作制定 2030 年实现“后 5G”(6G)的综合战略。芬兰率先发布了全球首份 6G 白皮书，对于 6G 愿景和技术应用进行了系统展望。2019 年 11 月中国成立国家 6G 技术研发推进工作组和总体专家组。华为、电信运营商开始着手研发 6G 技术。

以地基网络为核心，网随人动的统一网络基础设施探索取得实际进展。一是地基 NB-IoT 与天基卫星网络的融合，通过卫星提供全球无处不在的 NB-IoT 网络，主要应用于农业、交通、航海、应急等领域，涵盖海洋或深山等地区。玩家以初创企业为主，如美国 Ligado Networks、卢森堡 OQ Technology，将与运营商蜂窝网络形成竞合。**二是地基蜂窝网络与空基网络无人机/热气球的融合**。国际巨头探索蜂窝网络为主，无人机和热气球作为热点覆盖为辅的网络布局方式，如 Facebook 开展 Project Aquila，探索蜂窝网络+无人机空天网络覆盖；Google 设立 Project Loon，利用高空热气球为偏远地区提供电信服务。**三是地基蜂窝网络与非地面网络融合**。5G R16 版本研究了 5G 空口与非地面网络的融合，R17 将研究 NB-IoT/eMTC 与非地面网络的集成，包括将开展 5G NR 增强的规范性工作以支持非地面网络存取—卫星和高空平台，并将为 NB-IoT 和 eMTC 引入卫星支持做准备。2020 年 8 月，联发科基于标准 NB-IoT 芯片开发出支持卫星功能的设备，成功与商用地球同步卫星建立双向链路，进一步推进物联网业务的全球覆盖。

（五）IPv6 与物联网的携手推进万物互联

IPv6 助力物联网规模化发展。随着物联网向“万物互联”的演进，IP 地址的需求量也呈指数型增长，传统 IPv4 地址资源耗尽的问题日益凸显，IPv6 与物联网融合探索将成必然趋势。一是 IPv6 拥有巨大的地址资源，可支持大约 340 万亿地址，完全可以满足物联网海量节点标识需求。物联网设备无需像 IPv4 通过平台进行转发，可以直接从网络进行访问。二是 IPv6 引入了探测节点移动的特殊方法，可以很好的支持移动性，满足物联网移动终端应用需求。三是 IPv6 支持根据传送数据特征的动态网络服务质量等级调整，可实现对物联网不同应用需求的服务质量精细化控制。

物联网 IPv6 标准化持续推进。国际互联网工程任务组（IETF，The Internet Engineering Task Force）和国际电信联盟（ITU，International Telecommunication Union）等标准组织一直在研究制定物联网 IPv6 协议标准。ITU-T SG13 研究 IPv6 对下一代网络(NGN，Next Generation Network)的影响，IETF 6LoWPAN（IPv6 over Low power Wireless Personal Area Network）、RoLL（Routing Over Low Power and Lossy Networks）、CoRE（Constrained Restful Environment）3 个工作组进行物联网 IPv6 网络方面的研究。其中 6LoWPAN 工作组主要研究如何将 IPv6 协议适配到低速率无线个域网 IEEE802.15.4 MAC 层和 PHY 层协议栈上；RoLL 工作组主要研究低功耗网络中的路由协议，制订各个场景的路由需求以及传感器网络的路由协议。CoRE 工作组主要研究资源受限网络环境下的信息读取操控问题，旨

在制订轻量级的应用层协议 CoAP（Constrained Application Protocol）。

我国物联网 IPv6 升级改造取得初步成果。物联网 IPv6 升级改造涉及多个层面，其中网络改造推进速度最快，云平台次之，物联网终端最慢。**一是网络基础设施全面支持 IPv6。**LTE 网络和固定网络 IPv6 升级改造全面完成，三大运营商完成了全国 30 个省的 LTE 网络、城域网网络 IPv6 改造，骨干直联点实现 IPv6 互联互通，我国北京、上海、广州、郑州、成都等全部 13 个骨干网直联点全部完成了 IPv6 改造，IPv6 网络质量与 IPv4 基本趋同。**二是云平台的 IPv6 改造处于推进初期。**阿里云、天翼云、腾讯云、沃云、华为云、移动云、百度云、京东云等已完成 IPv6 云主机、负载均衡、内容分发、域名解析、云桌面、对象存储、云数据库、应用程序接口（API，Application Programming Interface）网关、Web 应用防火墙、分布式拒绝服务攻击（DDoS，Distributed Denial of Service）高防、弹性入侵防御系统(IPS，Intrusion Prevention System)等公有云产品的 IPv6/IPv4 双栈化改造，公有云产品平均改造率超过 70%，但支持 IPv6 的云产品可用域的数量仍然偏低。**三是部分物联网终端支持 IPv6。**家庭网关和路由器方面，90%设备可支持 IPv6，但 IPv6 管理功能较弱，均不支持查看用户信息，未来占比最大的产业物联网终端目前基本不支持 IPv6。

IPv6 应用于物联网仍面临诸多问题。一是 IPv6 存在应用适配技术问题，IPv6 在设计之初并未考虑物联网节点能耗及传输带宽等相关技术特性，IPv6 应用于物联网还需要解决其报文过大、头部负载

过重、MAC（Media Access Control）地址过长、地址转换存在困难、报文泛滥、协议栈复杂、路由机制不适合等问题。**二是物联网产品对 IPv6 支撑不足，**当前物联网智能终端、物联网应用等支持 IPv6 管理的功能仍较弱。**三是 IPv6 产业生态尚未建立，**鉴于 IPv6 应用价值尚未显现，产业界对使用 IPv6 技术持观望的态度，很多仍继续使用传统的网络地址转换技术，部分企业独自在 IPv6 技术领域中摸索，产业生态难以短时间建立。

（六）跨层级整合、集聚效应、物模型三种模式加快基础资源开放和打通

基础资源开放和打通呈现三种模式。针对物联网面临海量数据和数据价值低、海量业务和复制成本高、海量设备和产业链合作难、海量服务和服务兼容性差的难点，产业界在基础资源开放打通方面开展了三个方面的探索。**一是跨层级整合。**巨头企业通过整合云-设备-连接-应用-业务多层功能，打造综合型物联网平台，形成能力组合拳，如百度天工 IoT 平台（IoT Hub+IoT Parser+IoT Device）、阿里云 Link（Link Platform+Link Develop+Link Marktet）。**二是产业链上下游合作和开发者群体集聚。**如阿里云 Link IoT 联合 8 家芯片企业推出“全平台通信模组”，形成上下游合作伙伴生态。亚马逊 AWS IoT 建立起巨大的物联网设备制造商合作网络，破除物联网应用的硬件兼容限制。华为 OceanConnect 平台构建开发者社区培训与认证、OpenLab 实验室、全球营销平台，壮大应用开发者生态。**三是发展**

物模型，实现平台与硬件部署解耦合以及一次开发、批量复制，加速横向数据流动，提升数据价值。如阿里建立的 ICA 物模型，中国移动基于物模型的物联网一站式开发工具 OneNET Studio 等。目前，**跨层级整合和聚焦效应仍然占据并将长时间作为基础资源开放和打通的重要手段，物模型的研究虽然成为新的热点，但规模化应用仍需要较长的发展时间。**

基础资源平台集聚效应仍不足。与国外物联网平台巨头相比，国内物联网平台基础资源的开放集聚水平仍然不高。Software AG、AWS IoT、Azure IoT 等领军平台均建立起一定规模的合作伙伴生态圈。亚马逊 AWS IoT 和微软 Azure IoT 成为大多数开发者首选的物联网平台，其中选择 AWS IoT 的开发者占 51.8%。受限于物联网平台开源水平、开发工具及环境、标准协议接口兼容性、生态合作伙伴数量、平台全球化布局水平、应用开发者规模等要素影响，国内还未出现合作伙伴和开发者首选的平台，大量合作伙伴或开发者均会对接多个平台，没有对单一平台形成粘性。

物模型发展处于初级阶段。虽然近几年国际国内标准化组织、产业巨头已有不少物模型的探索，但是物模型的实际应用效果仍不显著，与其它模型之间的互通仍面临诸多障碍。经济体内部各个业务物模型的统一、上云合作伙伴的设备物模型的融合，经济体外部各个垂直领域生态合作伙伴的物模型与主导企业的物模型的打通等仍在推进过程中。虽然国际 ODM、国内通信标准化协会等均在推进物模型的标准化，但物模型的打通更需要由商业行为来解决，企业

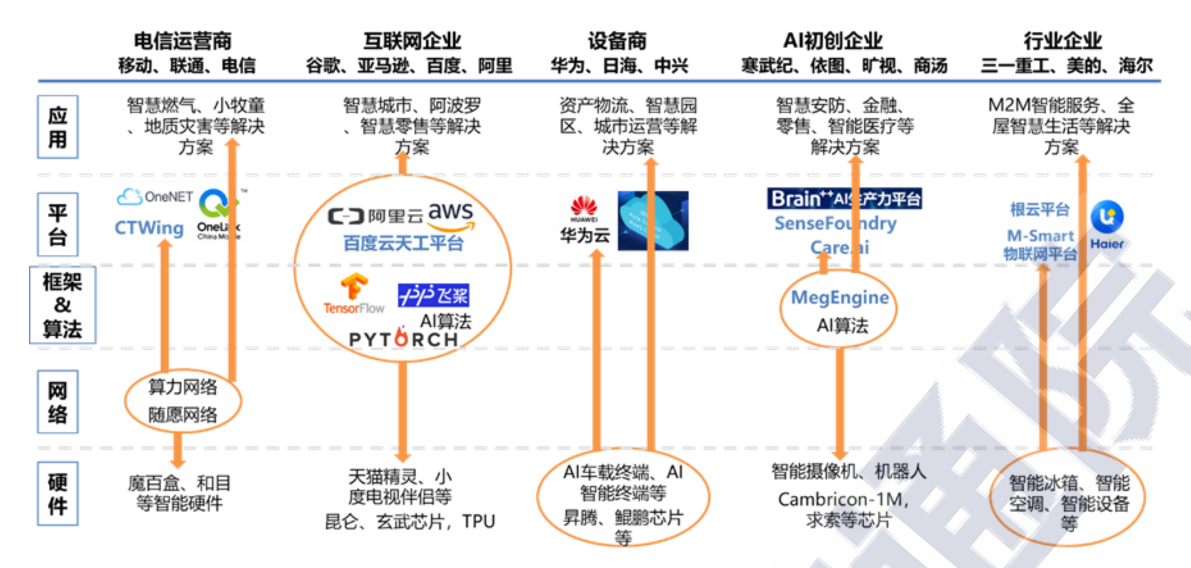
需要能够从中达到共赢。物模型标准化需要抽取现有物模型的共性要素，然而不同物模型之间部分要素差别较大，仍需开发中间件或软件开发工具包（SDK，Software Development Kit）进行转换。此外，存量设备的物模型更新动力不强，新设备使用标准化物模型仍需较长时间。运维方面，物模型模块化组合甚至会产生超大物模型，将会带来更为复杂的设备管理以及运维问题。

（七）AIoT 发展基础不断成熟，推动端管云一体化打通

AIoT 发展的基础环境不断成熟。从供给侧看，一是人工智能芯片、硬件、算法、平台等技术的快速发展和不断成熟，数据采集、分析和存储成本下降，降低了使用 AIoT 的门槛，为多样化应用创造空间。二是 5G 带来数据量爆发。5G 商用加强连接能力，物联网采集数据规模呈现爆发式增长，提升了对数据高效分析的需求。**从需求侧看，**一是消费领域个性化需求增强。用户对智能生活助手等产品的体验与便捷程度要求进一步提升，对虚拟现实（VR，Virtual Reality）/增强现实（AR，Augmented Reality）/混合现实（MR，Mixed Reality）等存在溢价空间的新技术产品买单意愿加强，倾向尝试智能定制化产品。二是行业对生产设备和系统的自动化、智能化需求旺盛，在人力成本增加、转型发展的背景下，行业更加关注生产、运营效率提升以及成本降低。三是智慧城市领域存在多种复杂场景，交通、市政、环保、民生等公共服务需求多样，“最多跑一次”等服务效率提升和雪亮工程等安全保障加剧智能化要求，提供落地应用

场景。

不同企业从不同切入点加强 AIoT 端管云一体化打通。**一是电信运营商 AIoT 布局以网络侧发力为主，上下延伸为辅**，以智能化网络建设为核心，如中国移动算力感知网络、中国电信随愿网络等，结合智能终端、平台和业务应用，形成智能化产业生态，提升智慧化运营水平。**二是互联网企业 AIoT 布局以平台和软件为核心，向软硬一体发展**，立足智能平台、操作系统和应用等软件优势，向下层智能硬件乃至底层芯片扩展。**三是设备商和行业企业 AIoT 布局向打造平台和解决方案延伸**，设备商筑牢底层基础的同时向上层扩展，打造平台/多种智能解决方案，如华为推出全栈全场景人工智能（AI，Artificial Intelligence）解决方案，基于"鲲鹏+昇腾"双引擎提供世界级算力，发布全球最快的 AI 训练集群 Atlas900，发布基于昇腾的华为云 EI 集群服务，与产业伙伴联合成立了 15 个鲲鹏生态创新中心。行业巨头则以行业知识为基础，打造智能平台和解决方案，侧重关键环节和产品的智能化升级。**四是初创企业 AIoT 布局致力打造平台和解决方案，向底层芯片延伸**。初创企业在各自优势领域进行深耕，计算机视觉四小龙均重点布局安防、金融、零售领域，同质化程度相对较高，差异化布局逐渐体现，如依图的智能医疗产品及解决方案已落地全国 300 余家三甲医院，思必驰、云知声等企业开始研发专用 AI 芯片，提升算力和性能。



数据来源：中国信息通信研究院根据公开数据整理

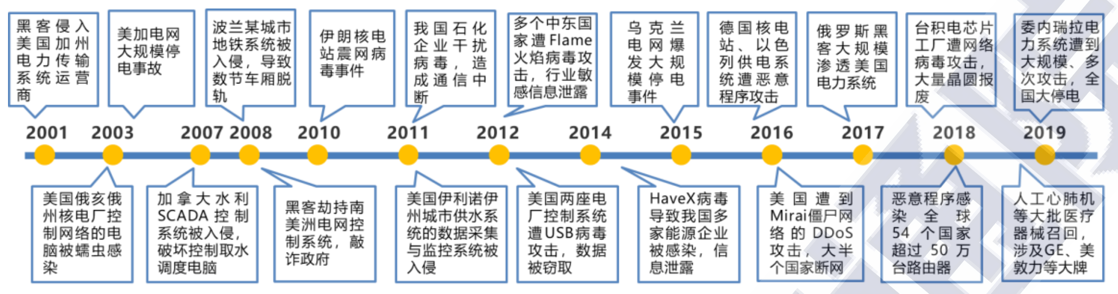
图 7 各类企业的 AIoT 布局

现阶段 AIoT 面临芯片落地难和初级应用智能的问题。一是缺乏杀手级应用场景，AIoT 芯片定位不够清晰；芯片研发投入大、研发周期长，慢于 AI 算法迭代速度；AI 芯片对配套软件和生态资源要求高，通用云端 AI 芯片由英伟达、英特尔等巨头把持。二是以智能家居设备、摄像头为代表的感知智能迅速推广，然而认知智能发展缓慢，目前谷歌、微软、苹果、IBM 等均在布局以知识图谱为基础的认知智能发展策略，我国急需加快认知智能软硬件研究，落地高价值立体化服务。

三、 物联网安全面临新形势和新风险

物联网安全风险重视度提升，多家机构对物联网发展趋势最新预测显示，安全成为物联网应用的首要关注问题。近年来物联网安全事件频发，智能家居、摄像头乃至电网等重要基础设施遭受攻击，影响扩大化，导致企业生产和社会运行瘫痪，带来巨大经济损失。在此形势下，全球物联网安全市场潜力巨大，据市场调研机构

Markets and Markets 发布的“物联网安全市场”预测数据，全球物联网安全市场规模预计将从 2020 年的 125 亿美元增长到 2025 年的 366 亿美元，预测期内的复合年增长率为 23.9%。



数据来源：中国信息通信研究院根据公开数据整理

图 8 全球物联网安全事件频发

（一）物联网安全发展环境现状及问题

业界从生态、产品、解决方案三方面切入安全布局。一是以电信运营商、阿里、启明星辰等为代表的企业通过成立联盟，建设安全研究基地/安全实验室的方式营造安全生态。如电信天翼联盟设置安全生态推进组，移动物联网联盟下设安全执委会并成立物联网安全创新实验室，联通与紫光国微成立物联网联合创新中心深耕安全芯片，阿里通过 ICA（IoT Connectivity Alliance）联盟推进物联网安全芯片分级测试。二是以中兴、奇安信、青莲云等为代表的企业研发安全产品，如 NB-IoT 安全芯片、零信任可信身份与标识安全平台、物联网设备云安全接入网关、终端安全开发套件、物联网终端设备可信执行环境和安全管理系统等。三是以移动、华为、百度、绿盟等为代表的企业打造物联网安全解决方案。如移动安连宝、华为“3T+1M”物联网安全体系架构、阿里一机一密物联网安全解决方案 ID^2-SIM、百度“终端+网络+OTA 升级”三位一体安全解决方案等。

物联网安全标准化工作持续推进。国际电信联盟电信标准化部门（ITU-T，ITU-Telecommunication Standardization Sector）、国际标准化组织（ISO，International Organization for Standardization）、国际电工委员会（IEC，International Electrotechnical Commission）、欧洲电信标准化协会（ETSI，European Telecommunication Standard Institute）等已制定物联网安全架构、物联网网关安全、设备安全、加密和系统安全等标准。国内工业和信息化部正在推进物联网安全标准体系建设，探讨制定物联网安全分级分类标准，逐步推进物联网终端、网关、平台企业安全自查。全国信息安全标准化技术委员会（TC260）和中国通信标准化协会（CCSA，China Communications Standards Association）等标准组织从不同切入点推进物联网安全标准化工作。其中，TC260 聚焦通用网络安全、整体类标准，同时涉及医疗、工业、智慧城市、汽车等多个行业物联网应用安全标准制定。CCSA 聚焦在物联网基础通信协议安全标准、感知层（含嵌入式终端操作系统、物联网卡等）安全标准、M2M 安全解决方案、物联网信息系统安全、智能家居安全标准，目前共有在研、已发布的安全相关行业标准和协会标准 63 项（不含车联网和工业互联网相关标准），其中已发布行业标准 19 项[3]。

物联网安全仍面临难题。一是我国物联网安全政策布局仍不足，物联网安全标准体系尚未发布，安全标准的场景针对性不足，产业链各环节安全防护意识不统一，安全防护体系不完善，没有形成物

[3] 数据来源：中国信息通信研究院统计

联网安全产业合力，目前呈现分散状态。二是我国物联网安全产业尚处于起步阶段，物联网产业链涉及环节众多，安全建设需要多方共同合作推进，目前缺乏典型场景的安全解决方案和标杆企业，需求侧对价格敏感，对物联网安全成本增加的接受度差。三是物联网安全核心终端的产业成熟度不高，现阶段终端安全是物联网安全的重中之重，是物联网安全的基础，终端海量异构，安全能力普遍较弱，一旦被破坏、控制或攻击，不仅影响应用服务的安全稳定，导致隐私数据泄露、生命财产安全受损，更会危害网络关键基础设施，威胁国家安全。

（二）新技术融合增大物联网安全风险

规模化应用促使物联网不断与人工智能、边缘计算、IPv6、容器、微服务等新技术加快融合，这些新技术给物联网发展带来功能性能提升的同时，也对传统安全防护措施带来了新的挑战。典型的表现有：

IPv6 将带来潜在暴露性安全风险。在 IPv4 时代，因地址数量有限，相关技术人员多采用网络地址转换（NAT，Network Address Translation）技术来解决网络地址不足的问题。通过 NAT 给用户分配内网地址而非公网地址，从而将使用 NAT 技术的设备“隐藏”起来。外界无法看到该设备的内网地址，从而强制实施仅允许传出通信的安全策略。随着 IPv6 的使用，**IPv6 将物联网设备暴露于网络中，**NAT 仅允许传出的通信过滤策略也将会消失，这意味着内部和外部系统

之间的通信将不再由网络管理。除非采取有效控制措施，否则 IPv6 部署使用可能导致网络的所有内部节点都可以从公共互联网直接访问，物联网设备将更容易遭受网络攻击。

物联网敏捷性提升带来关联性安全风险。物联网平台普遍引入容器、微服务等技术保障应用开发环境一致化和部署敏捷化。容器、微服务等技术打破了原有边界式的安全策略，带来新的安全隐患。容器技术使得物联网平台部署从“硬”隔离到“软”隔离，微服务将单体应用拆解为多服务，应用间交互的端口成指数级增长，均增大了数据泄露和关联攻击风险，造成攻击面大幅增加。

物联网边缘计算将放大分布式安全风险。边缘计算推动计算模型从集中式的云计算走向更加分布式部署，也将网络攻击威胁引入了网络边缘。一是边缘计算节点数量庞大，包括边缘云、边缘网关、边缘控制器等形态各样的边缘终端，终端复杂性和异构性突出，安全防护策略覆盖困难。二是由于边缘设施的资源和能力有限，难以提供与云数据中心一致的安全能力，边缘节点数据容易被损毁，基础设施软件防护也较为困难。三是边缘计算将采用开放 API、开放的网络功能虚拟化（NFV，Network Function Virtualization）等技术，开放性的引入容易将边缘节点暴露给外部攻击者。

物联网开源将安全提升至基础设施层面。根据 Synopsys 公司发布的《2020 年开源安全和风险分析（OSSRA）报告》，物联网领域代码库中开源代码占整体代码比例高达 82%。WhiteSource《开源安全年度报告》显示，2019 年公开披露的开源安全漏洞数量再创新高，

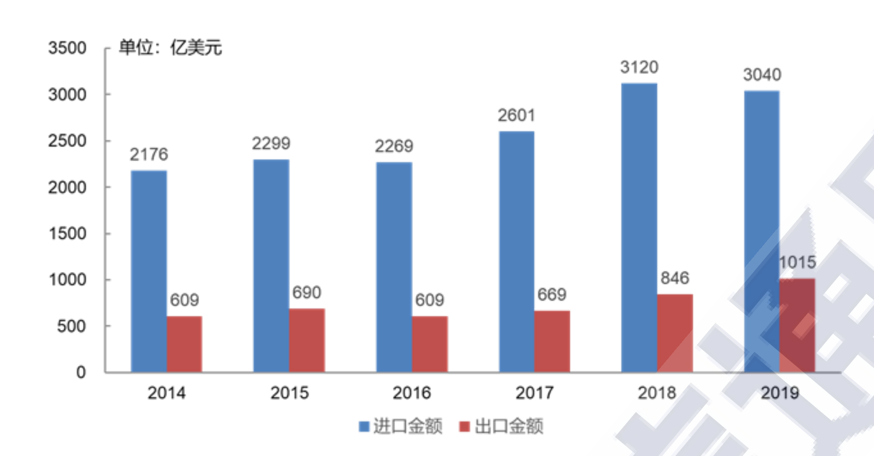
总数为 6100 个，与 2018 年相比，开源安全漏洞的数量增长近 50%，物联网开源软件的安全问题已非常严重。开源软件已经成为物联网应用软件最基础的“砖头瓦块”原材料，成为各行各业应用的核心基础设施，物联网安全已深入国家基础安全层面。

（三）核心技术对外依赖度高，供应链安全问题凸显

我国物联网供应链呈两头弱、中间强的态势。物联网终端侧核心产品严重依赖进口。芯片层面，一是核心 EDA 芯片设计软件被国外巨头垄断，Cadence、Synopsys 和 Mentor Graphics 三大 EDA 巨头占据全球超过 60%的市场份额。二是大量中高端半导体材料依赖进口，12 英寸硅片基本依赖进口，2019 年电子特种气体国产化率小于 20%，半导体光刻胶国产化率低于 5%，化学机械抛光（CMP，Chemical Mechanical Polishing）的抛光液国产化率小于 10%[4]。三是半导体材料制造工艺比国际先进水平落后至少 2 代，目前我国中芯国际最先进量产工艺为 14nm，而全球领先的三星等企业已在推进 5nm 量产。四是 90nm 以下的光刻机、高端扫描电镜等高端制造设备对国外依赖度高。五是高精度模数转换器（ADC，Analog to Digital Converter）、传感器接口芯片和超高射频芯片等物联网核心芯片基本靠进口。我国海关统计数据显示，2019 年我国集成电路进口金额 3040 亿美元，远高于排名第二的原油进口额，位列国内进口商品第一位。**传感器层面，**MEMS 设计软件被 Coventor、IntelliSense 和 ANSYS 等国外巨头垄断。关键材料和关键辅料依靠进口，如高端聚酰亚胺薄膜由

[4] 数据来源：东兴证券、中国科学院上海微系统与信息技术研究所

美日韩掌握。我国 20 余条 MEMS 生产线开工率不足 20%，高端设备依靠进口。



数据来源：中国海关，中国信息通信研究院整理

图 9 2019 年我国芯片进口统计

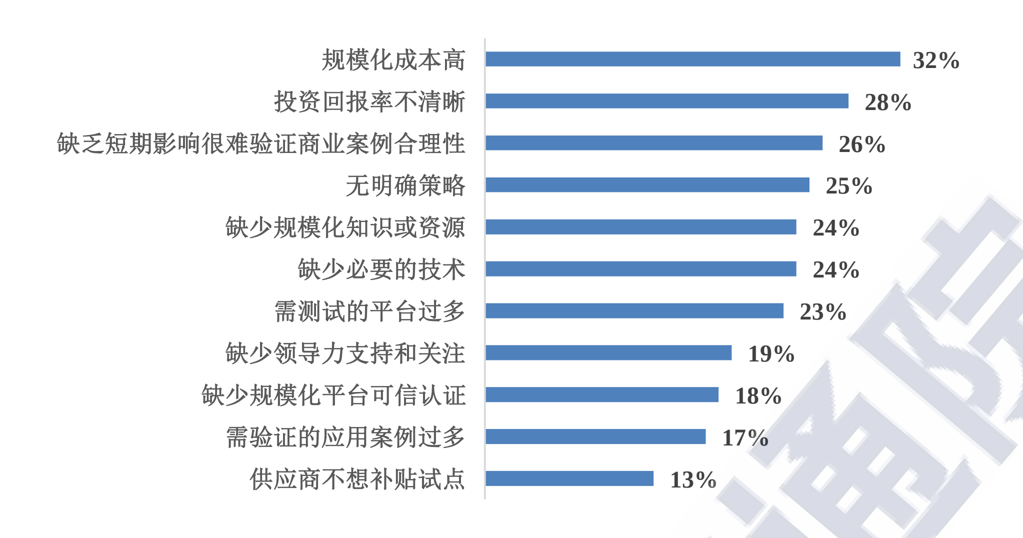
网络侧产业优势较强。我国 5G 和 NB-IoT 推进迅速，目前已建成全球覆盖范围最广的物联网络。NB-IoT 和 Cat1 等蜂窝物联网通信芯片国产化率较高，5G 芯片方面华为、紫光展锐、联发科取得全球市场优势。物联网模组方面移远通信、日海智能等模组厂商持续蝉联全球出货量前列，占全球超过一半的市场份额。

平台侧自主技术有待加强。发达国家凭借传统计算机和基础软件方面的优势，继续在云计算和大数据处理技术方面占据主导地位，技术和产品领先。其中虚拟化方案以 VMware 商业解决方案和 KVM、XEN 开源方案的使用为主，容器及容器编排技术大量采用开源的 Docker 和 Kubernetes，微服务框架以开源的 Spring Cloud 使用领先，数据库基本被甲骨文 Oracle、微软 SQL server、IBM 的 DB2 等国际巨头的商业数据库和 MySQL、PostgreSQL 等开源数据库垄断。我国平台虚拟化、容器、微服务、数据库等广泛采用国外先进技术和开

源技术，虽然国内少数企业通过参与开源基金会、开源社区、主动开源等多种方式积极参与开源生态建设，如华为贡献的 ServiceComb 和阿里贡献的 Dubbo 开始崭露头角，华为 GaussDB 和阿里 OceanBase 等开源数据库均已推出，但整体上我国主导开源项目仍较少，对于开源技术使用多贡献少，且面临隐性侵权和自有知识产权保护的挑战。各类技术或代码框架、平台虽然名义上是开源的，但依然要受其所在国家法律与行政命令的制约，随时有断供风险。

四、 物联网成本降低形成四大主要推进方式

物联网高成本阻碍规模实施，微软《IoT Signals（物联网信号）》研究报告对全球 3000 余家企业调研表明，约三分之一的物联网项目未能通过概念验证(POC，Proof of Concept)阶段，通常是因为实现成本过高或带来的好处并不明朗。而那些在试验阶段中断的物联网项目，首要原因是规模化成本高——32%企业认为这是他们的项目退出的主要问题。物联网想要在更多的行业实现规模化落地应用，必须解决成本问题，只有构建便捷、低成本的物联网应用生态，真正赋能于企业，物联网产业才能得到进一步的发展。目前针对物联网发展过程中影响规模化应用的关键成本问题，如芯片、模组等终端成本，物联网专用网络基础设施等网络覆盖成本，建平台和用平台等方面，产业界形成以下四大主要推进方式。

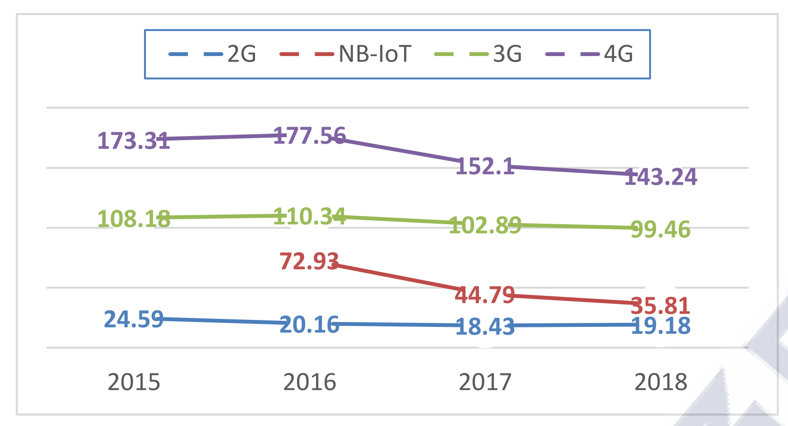


数据来源：微软《IoT Signals（物联网信号）》

图 10 物联网项目未通过概念验证阶段的失败原因

（一）先期采用补贴方式促使模组成本降低和应用规模发展的螺旋迭代

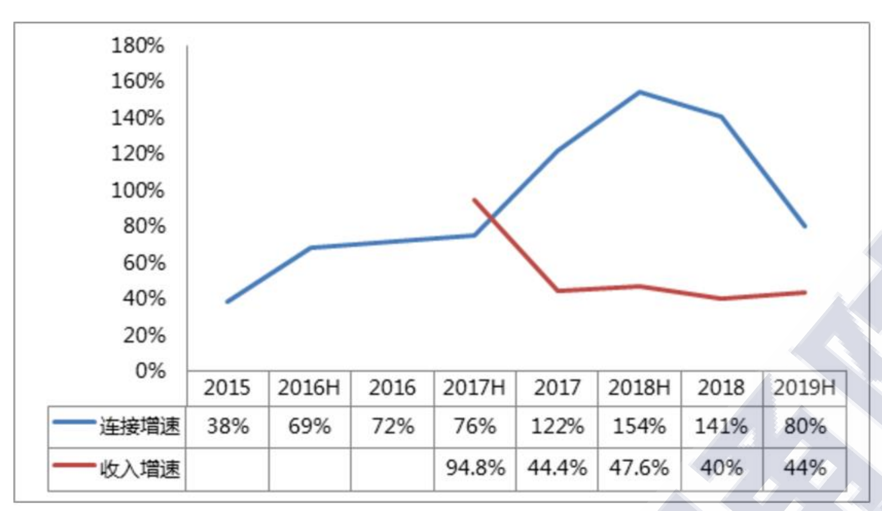
NB-IoT 模组价格在运营商数十亿大额补贴下快速下降，降速远快于其他通信模组。自 2017 年起，中国移动 NB-IoT 模组专项补贴达 10 亿元，每片最高补贴额达 80%。中国电信补贴额提高了 50%至 30 元/片。从中国电信 2020 年 NB-IoT 物联网模组集采价格来看，NB-IoT 模组进入 15 元时代，基于移芯通信和芯翼信息平台的 NB-IoT 模组价格已经开始和 2G 物联网模组价格趋于持平。2G 模组用了十多年时间将其成本降至 15 元以内，而 NB-IoT 模组仅用了 3 年时间就达到这一水平，未来依然有成本降低的空间，在价格上形成优势。



数据来源：移远通信招股书、物联网智库

图 11 2016-2018 年移远通信模组平均价格走势图（单位：元/个）

NB-IoT 已在多个行业实现百万量级连接，规模化示范效应助力减小收益和连接之间的剪刀差。目前 NB-IoT 在水务、燃气、消防、跟踪定位、门锁、电动车防盗等领域形成百万乃至千万级连接。NB-IoT 规模起量主要归结于：一是大规模连接验证了 NB-IoT 技术的成熟度和商业模式可行性，形成技术提升和应用落地的正向循环。二是可复制的模式加速 NB-IoT 在其他行业的落地应用，规模化应用带来收益增加，并促进 NB-IoT 使用成本下降。从中国移动 2019 年中期业绩报告来看，受规模化应用加速影响，物联网连接增速和物联网收入增速之间的差距正在缩小，“剪刀差”正在趋向闭合。物联网连接背后带来的平均收入正在逐渐提升，中国移动物联网每用户平均收入（ARPU，Average Revenue Per User）值从 2018 年全年不足 1.14 元/月已经开始回升至 2019 年上半年 1.25 元/月。



	2015	2016H	2016	2017H	2017	2018H	2018	2019H
连接增速	38%	69%	72%	76%	122%	154%	141%	80%
收入增速				94.8%	44.4%	47.6%	40%	44%

数据来源：中移动业绩报告、物联网智库

图 12 中国移动物联网连接增速和收入增速对比

（二）采用新型低成本网络技术覆盖更多应用场景、实现短期规模商用

目前 NB-IoT 薄覆盖和 5G 高成本导致应用场景覆盖受限，需要引入与二者互补的网络技术。网络是物联网发展的核心要素，面临着连接服务质量难达到、应用场景难扩展、市场难盈利等诸多问题。**一方面，**与 2G/3G/4G 网络相比，**NB-IoT 网络覆盖范围和覆盖质量还比较有限，**对覆盖质量要求较高、移动性和语音要求的场景支撑不足，当前 NB-IoT 应用主要集中在低价值的公共事业等领域，ARPU 值偏低，影响 NB-IoT 全网向 R14 版本定义的网络覆盖、功耗、频谱效率、峰值速率、安全等性能的提升。另一方面，虽然 5G 进入建设元年，但初期主要在移动互联网增强和消费物联网领域等高价值应用，受限于 **5G 应用成本过高，短期难以向占比大多数的城市中低价值应用渗透，**随着 2G/3G 退网政策的明确，原有占比超过 50%的基于 2G/3G 的物联网连接需要中低速率物联网网络承接。因此急需

有部署成本低、应用速度快、产业基础强、可对 NB-IoT 和 5G 形成补充的网络技术，LTE Cat1 正当时成为发展黑马，鉴于 4G 基站已准备就绪、LTE Cat1 产业比较成熟的优势，具备短时间内形成规模应用的可能。

LTE Cat1 **成为物联网网络基础设施新一轮发展的主力。**相较 NB-IoT 来说，LTE Cat1 主要面对的是物联网中速率场景。截止 21019 年底，国内 4G 基站数量为 544 万个，具备全国提供 LTE Cat1 接入服务的基础设施条件，接近 100%的全国覆盖率将带来更好的用户体验。LTE Cat1 产业基础良好，国内市场主要采用紫光展锐和翱捷科技的 LTE Cat1 芯片，国内的主流模组公司均推出了各自的 LTE Cat1 模组。

在应用方面，LTE Cat1 网络适用的行业包括 POS 机、智能监控、可穿戴设备、定位器、智能停车、云喇叭、公网对讲、环境管理、共享充电桩、共享充电宝等，这与 LTE Cat4 应用场景有很大重叠。从成本方面来看，最新一期运营商招标价格 LTE Cat1 模组为 35 元/片左右，相较 LTE Cat4 模组 60-150 元/片的价格区间，LTE Cat1 模组有很大的成本优势。LTE Cat1 毫秒级传输时延与 LTE Cat4 相同，支持 100KM/H 以上的移动速度和语音传输，LTE Cat1 的技术实力和性价比被市场普遍看好，LTE Cat1 商用将会推动当前众多 4G 应用场景的平价替代，有望在多种场景实现规模应用，短期可能会成为主力连接技术，形成应用促进成本降低的良性循环。

以 POS 机应用为例，2019 年，银行共处理电子支付业务 2233.88

亿笔，金额 2607.04 万亿元。其中，移动支付业务 1014.31 亿笔，金额 347.11 万亿元，同比分别增长 67.57%和 25.13%[5]。POS 机是移动支付的入口，当下 POS 机逐渐由 2G/3G 制式升级为 4G 的 LTE 制式，LTE Cat1 有较大的规模化平替机会。

（三）探索采用开源方式缓解芯片应用成本

芯片研发涉及流片、IP 核、工具链和人力成本等高成本因素。如针对 28nm 工艺 SoC 芯片的研发费用高达数千万元，其中购买内存控制器、PCIe 控制器等外围 IP 费用高达 500-1000 万元，EDA 工具版权费大于 500 万元，流片费用甚至高达千万元。

开源 RISC-V 可大幅降低芯片开发门槛，显著降低开发成本。 RISC-V 具备开放属性，其策略是建立一个简易的小型指令集基础和模块标准扩展，适用于大多数代码，同时为不干扰标准指令集核心的应用特定扩展留出足够的空间。通过提供经过流片验证的基于 RISC-V 的开源 IP、开源工具链、开源工艺库、开源 SoC 芯片设计方案等，供企业直接使用，免除了昂贵的指令集许可费，使得未具备自主设计 SoC 能力的企业可以使用第三方 IP 或设计服务公司来开发 RISC-V 设备，提高设计验证效率。RISC-V 指令集高度适合物联网碎片化市场，物联网对软硬件生态系统的要求不像手机、PC 和服务器芯片那么高，而且不同于当下最流行的 Arm 架构，一些中小型公司完全可以从实际应用出发向 RISC-V 指令集中添加新的指令来完成满足特定需求的芯片开发。

[5] 数据来源：央行公布数据

RISC-V 阵营不断壮大，影响力持续提升。RISC-V 市场之所以能够在 2016 至今短短数年实现递进式发展，除了其本身具备的灵活性和开源化优势以外，背后强大的生态建设团队也至关重要。RISC-V 基金会超过 500 家会员单位，包含了半导体设计制造公司、系统集成商、设备制造商、军工企业、科研机构、高校等各式各样的组织,从产业链支持看，包括 EDA 工具、IP 供应商、设计服务、晶圆代工、芯片厂商等在成员之列，许多头部公司都已经支持 RISC-V。目前美印等国家倾力推进本土 RISC-V 生态的发展，印度甚至将 RISC-V 列为了国家级指令集。中国先后成立了“中国 RISC-V 产业联盟”和“中国开放指令生态系统(RISC-V)联盟”，2018 年 RISC-V 基金会成立中国顾问委员会，就 RISC-V 基金会的教育和应用推广战略提供指导，目前 RISC-V 基金会在中国的影响力不断扩大，覆盖超过 25 个组织机构与大学。

中国 RISC-V 生态软硬能力需要并进。目前在 RISC-V 上面运行的只是 GCC、Linux 等基本软件，缺少系统级软件的支持，需要各国完善开发系统软件。而国内芯片企业大多重视 RISC-V 硬件架构，利用 RISC-V 的设计来做集成和整合，打造成自己的 IP 对外销售，国内少数几家真正用 RISC-V 来做自主 CPU 设计的企业仍以低端物联网芯片设计为主，高端芯片硬件设计较少，如平头哥玄铁 910、华米科技黄山 1 号等量产 RISC-V 芯片。RISC-V 系统软件开发需要雄厚的资金支持和时间沉淀，但我国与芯片性能息息相关的系统软件、工具等缺少具备相当实力的公司入局，将会严重影响 RISC-V 的布

局，急需由国家出面来投入和推进 RISC-V 系统软件项目的研发。

（四）通用型、垂直型平台演化出三种主流模式回笼成本

平台建设和使用成本高是物联网规模推广的重要瓶颈。横向来看，物联网行业长尾效应明显，不可能一个平台覆盖所有应用场景，需要分行业按需建设多个平台；纵向来看，行业产业链较长，需求多样，对物联网平台的功能、服务有众多要求，平台建设和运维需要投入大量资金和人力。目前，大部分平台长期处于亏损状态，仍在探索盈利模式。据 IDC 预测，中国物联网平台支出将保持 13%年均复合增长率，2021 年中国物联网平台支出将达到 62.2 亿美元(约 419.7 亿元人民币)，将在全球各个地区中排名第一。

物联网发展初期以大规模连接接入为主，连接与设备管理平台是核心，当前已经出现规模效应的头部平台。如移动 OneLink 已成为全球四大连接管理平台之一。截止 2019 年底，华为云 IoT 物联网平台连接数超过 2.8 亿，覆盖 50 多个行业。但物联网业务场景分散，且将长期处于加速扩展期，为支撑应用提速，应用使能平台 AEP（Application Enablement Platform）更加多样化，到 2024 年，应用使能平台在物联网平台中占比将达到 53%[6]。从 2018 年起，物联网平台进入以 AEP 为主的洗牌期，受商业模式不成熟、产业需求复杂多样、垂直行业壁垒等诸多因素影响，物联网平台仍将长期处于洗牌期，Gartner 研究表明，**物联网平台还需 5 到 10 年才会孕育出成功且能存活的经营模式。**

[6] 数据来源：First Analysis

根据企业平台业务模式，**目前已经有三种主流的商业模式**。一是**按基础资源的使用收费**。通用型的物联网平台大多采用此种模式，如阿里云、华为云、微软 Azure IoT 平台、腾讯云、青云 QingCloud 等，由于其背后大多是云服务厂商，物联网平台是公司扩大云产品使用量和扩大连接场景的一种手段，最根本的目的还是增加对云的消耗。营收主要由两部分构成：1）按照设备连接数量、设备连接时长、消息数量、消息流量进行收费，属于设备接入层带来的收益；2）在完成设备接入的基础上，对客户消耗云服务、人工智能、安全服务等增值产品进行收费。

二是按平台及软件产品的授权收费。企业以打造品牌化的平台产品为主要目标，在运营中常常基于自身标准化的平台，为客户做对应的定制化开发。如 PTC ThingWorx、Arm Pelion、敢为软件等。营收的方式主要有两种：1）根据业务需求、工作量评估开发成本，向客户一次性售卖平台产品；2）提供定制化的平台之后，与客户一起运营，在运营中再进行分成，比如按照设备点位数量收费，按照每个接入固定收费等。此外，咨询服务往往也是平台厂商对外提供专业服务的重要方式之一。

三是按软件+硬件解决方案的形式收费。传统硬件企业或软件企业以软件+硬件一体化的模式提供解决方案，营收由三部分组成：1）硬件费用，除去企业可能存在某种自有硬件产品外，其他硬件来自于预先对接并测试好的其他厂家的产品；2）基础平台费用，相当于软件的授权；3）对接费用，针对当前很多物联网项目并不是理想的

直接连物，而是需要平台与很多现有的第三方系统进行对接的情况，根据系统的开放程度、协议的规范程度、需要对接的点位数量收取研发费用。

五、 物联网规模化推进建议

（一）持续强化物联网政策、资金、宣传推广支撑

以“整合开放、自主可控、安全可靠、强大生态”为新阶段的发展思路，细化物联网顶层指导。加强物联网安全等重点领域管理，出台物联网安全指导文件。评选优秀融合案例，加强政策性引导宣传。持续加强科技专项投入，布局行业用新材料、新原理传感器研发、RSIC-V 软件系统及应用系统研发、物联网融合操作系统等短板及存在供应链安全风险的环节。鼓励产业各界形成合力，推进物联网关键环节如终端统一接入、融合网络基础设施、物联网安全的加速产业化、成熟化、标准化等。

（二）政企联合推进物联网关键环节整合

1）分类施策，推进物联网终端统一接入

鼓励有条件的行业物联网巨头统一终端标准，实现协议、数据格式等规范化。如泛在电力物联网针对感知层面临的海量异构终端，采用对现场采集部件采用规范的上联接口协议和数据格式，实现协议、数据格式统一；自主研发智能化、APP 化的新型业务终端和多形态物联代理装置，推动新型终端应用和存量终端更新换代，实现规范化终端规模化应用；统一业务终端标准、规范功能定位，统一

边缘物理代理标准化接入。

加快消费物联网领域和部分行业物联网领域物模型技术标准突破和应用实施。一是加快物模型国内标准制定，减少企业间物模型重叠及矛盾。以智能家居为切入点探索物模型从通用框架向行业延伸，制定垂直行业物模型标准，建设物模型行业模板库，为业务落地提供便利。二是完善行业物模型认证及互通测试能力，保证物模型一致性，增强互联互通能力，同时研究桥接技术，减少应用阻力。三是应用宣传方面鼓励针对物模型使用效果的物指数评价，打造典型示范应用，梳理行业标杆案例，鼓励数据可视化等宣传推广。

2）鼓励物联网专用操作系统生态建设，加快物联网软硬件解耦

鼓励鸿蒙等具有自主知识产权的操作系统加快向智慧屏、PC、可穿戴设备、智能家居等多终端的拓展应用。鼓励企业抓住操作系统开局关键期，使用联合开源、主流生态兼容、企业商业互补合作等方式，加快推进市场验证和产品迭代，加速操作系统的配套硬件研发和开发者生态建设，丰富用户服务体验，快速扩大市场占有率。

3）加快终端 eSIM 规模化应用，解绑终端与运营商

加强 eSIM 核心技术研究，制定相应的行业规则和技术标准，逐步培育、完善产业 eSIM 生态。引导 eSIM 在物联网领域的应用和发展，鼓励运营商、终端设备企业发展 eSIM 在物联网领域的应用，支持产业的 eSIM 技术研究和创新，探讨在特定行业或领域适当放开 eSIM 的使用范围，尽快推进 eSIM 规模应用。

4）建设融合网络基础设施，保障规模应用需求

鼓励多网络协同建设及应用。针对网络层协同发展和覆盖质量问题，鼓励从多方面入手，建设“有线+无线、公网+专网”泛在终端通信接入网，实现网络深覆盖，优化网络架构，提升网络传输效率，根据应用需求综合运用不同通信协议，积极应用软件定义网络（SDN，Software Defined Network）、IP 多媒体子系统（IMS，IP Multimedia Subsystem）和时间敏感网络（TSN，Time Sensitive Network）等新型网络技术，实现资源调配能力提升。鼓励算力网络、随愿网络、意图网络等网络与人工智能技术融合应用，提升网络与计算、业务能力的融合，推进网络智能化部署，可采取分阶段实施策略，首先在局部开展试验验证，成熟后逐步推广至物联网整个网络体系中。

加强 IPv6 在物联网部署应用。IPv6 在物联网中的应用必将经历长期的推进，首先鼓励企业发展基于 IPv6 的应用，激励产业界对 IPv6 价值的认可和应用意愿，充实生态推动物联网 IPv6 建设。二是引导产业自有平台新应用和新部署终端支持 IPv6 单栈,已有终端及应用支持 IPv4/IPv6 双栈转换，加快推进物联网 IPv6 从双栈过渡至单栈支持，三是解决物联网中 IPv6 应用存在的 IPv6 报文过大、头部负载过重、MAC 地址过长、地址转换存在困难、IPv6 报文泛滥、协议栈复杂、路由机制不适合等技术问题，促进技术成熟。

5）持续推进基础资源开放互通，加强横向数据价值开发，提升用户体验

加快行业中台建设和跨界融合。一是鼓励行业巨头建设物联网中台。如电力行业建设多功能云平台和统一数据中心，实现数据融

合贯通，建设介于前台和后台之间的中台，实现共享服务能力提升，建立企业级管理平台，在企业内不同层级部署，统筹上下级业务，纳管各类业务终端，实现不同层级平台互联互通，提升能力开放水平。二是鼓励消费物联网通用能力平台和消费物联网企业平台跨界融合，实现联合拓展，推进平台自身能力开放，实现功能拓展及数据融通共享。三是加快物模型、信息模型标准化工作，鼓励基于物模型的产业融合生态建设。四是鼓励企业提供 AI 芯片到平台一整套解决方案，在小数据时代培养数据、训练算法，提供更有价值的服务。

6）加快明晰边云边界，推进边云协同进程

针对车联网、工业互联网、医疗等边云协同的新需求，尽快研究区分边云功能，明晰边云的边界，构建规范的边缘框架。针对不同企业之间的边云协同，推进统一接口、交互协议、测试方法等标准化工作，为不同企业之间的边和云协同部署提供指导。

7）持续探索应用融合创新，促进物联网供需良性发展

聚集生态链上下游力量，结合多种新兴技术促进应用的迭代升级。充分挖掘数据的价值，改善用户体验，打造新应用。鼓励垂直行业巨头探索与本行业的应用，积极利用物联网提升效率。如电力物联网以企业服务平台建设为重点，推动光伏云网、车联网、工业互联网等新型业务发展，促进产业链上下游业务融合，实现产业协同能力提升。面对创新不足问题，开展新一代客户管理、新型客户体验和智能营销支撑等系统建设，实现数据价值充分挖掘，综合运

用 AI、大数据等新型技术，实现核心业务智慧化运营，应用持续创新。智能家居采用产业链上下游参与全屋智能规划，实现业务融合，满足多种需求及应用场景，以及充分挖掘用户数据的价值，实现应用持续创新。

（三）加强物联网安全建设，保障物联网规模应用安全需求

加强物联网安全管理体系构建。构建物联网安全分级分类管理机制，针对性地提出相应的安全能力要求，开展关键环节的安全评估。加强安全管理技术手段建设，建立统一的物联网安全管理监测平台，同步做好物联网安全的态势感知，发现安全事故及时预警和报警。加快构建物联网安全标准体系，鼓励制定产业急需的关键标准，为企业安全工作开展提供指引。

分行业、分领域、分阶段推进安全建设。针对涉及国家/个人生命安全的高安全需求物联网应用领域，尽快开展物联网安全监测与产品安全评估；针对生产性物联网领域中安全要求不高的应用场景、信息化水平低的应用领域，采用非强制性安全策略。针对消费物联网领域，鼓励物联网安全产品研发和部署，提升数据隐私保护水平。

（四）鼓励产业化力量推进物联网关键环节成本降低

以市场化手段为主导，汲取 NB-IoT 成本降低运营商补贴、规模化采购、规模化应用拓展案例等有效手段，加强技术创新，促进模组成本进一步下降，尽快抓住规模化应用切入点探索激励网络覆盖

优化加速等问题。推进开源生态建设，优化开源环境，鼓励企业开源。鼓励大型企业平台能力开放，为中小企业低成本用平台提供便利条件。支持有实力的企业采用整合元件制造商（IDM，Integrated Device Manufacturer）模式创新，加强 RISC-V 软件研发创新。

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010- 62300042

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

